تعیین مناطق هم خشکسالی استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوشه ای- فاصله ای

محمود خسروی[1*]، اکبر زهرایی[2]، حسین حیدری[3]، سارا بنی نعیمه[4]

۱.دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۲و۳. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

٤. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی.

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده های خزنده محیطی است که ویژگی موقت همه نواحی اقلیمی دنیاست. این پدیده از جمله مخاطرات محیطی است که پیوند جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی دارد که ویژگیهای آن از قبیل شدت، مدت، دوره تناوب و ... از محلی به محل دیگر متفاوت است. از اهداف پژوهش حاضر می توان به تحلیل شرایط بارشی استان گیلان، بررسی ویژگیهای خشکسالی استان ، پهنه بندی خشکسالیهای فراگیر و در نهایت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی با استفاده از تحلیل خوشه ای-فاصله ای اشاره نمود. برای انجام پژوهش از روشهای مختلف آماری از جمله شاخص ناهنجاری بارش(RIA)، روشهای آماری ناپارامتریک ، روش تحلیل خوشه ای-فاصله ای استفاده گردید. نتایج پژوهش نشان داد که با آزمودن روشهای مختلف برای تعیین تعداد خوشه ها، بهترین روش، روش وارد و برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روشهای رایج، روش فاصله اقلیدسی مناسبترین روش می باشد. نهایتا تعداد ٤ خوشه با درصد تشابه قابل قبول در مورد مناطق هم خشکسال در استان گیلان شناسایی گردید. خوشه اول که بیشتر بصورت لکه هایی در مناطق مرکزی و تا حدودی در بخش شمالی، خوشه دوم گسترده ترین خوشه هم خشکسال در استان گیلان می باشد که در قسمتهای غربی، مرکزی و شمالی استان، خوشه سوم در قسمت جنوب و جنوب غرب استان و خوشه چهارم بصورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان قرار گرفته است. با توجه به نتایج تحلیل ها به لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی به ترتیب خوشه های دوم، اول، چهارم و سوم را در اولویت خطر وقوع خشکسالی قرار دارند.

واژگان کلیدی: خشکسالی، شاخص ناهنجاری بارش، تحلیل خوشه ای، استان گیلان.

---

[*]. نویسنده مسئول. پست الکترونیکی:mahmood.khosravi@gmail.com شماره تماس:۰۹۱۵۱٤۱۲۲۸۱

مقدمه

خشکسالی یکی از پدیده های خزنده محیطی است که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان نمود بیشتری دارد(رضیئی و همکاران،۱۳۸٦). وجود نوسانات شدید در ریزش های جوی یکی از مشکلات عمده بارش کشور می باشد و با توجه به همین نوسانات شدید، خشکسالی ها از جمله بلایای طبیعی هستند که در شرایط نوسان منفی یا بعبارتی کاهش بارش های جوی نسبت به میانگین دراز مدت رخ می دهند. یکی از عمده ترین پارامترهایی که در تعریف خشکسالی استفاده می گردد بارش می باشد(فرج زاده،۱۳۸٤:۱). رخداد خشکسالی می‌تواند درمنطقه ای با وسعت چند صد کیلومتری اتفاق بیافتد ولی امکان دارد شدت و دوره تداوم آن در سراسر منطقه یکسان نباشد بعنوان مثال خشکسالی قاره‌ای که خصوصا در مناطق خشک اتفاق می افتد در ناحیه وسیعی که صدها بلکه هزاران کیلومتر مربع را می‌پوشاند گسترش پیدا می‌کند(فشارکی،۱۳۸٤). این پدیده از جمله مخاطرات محیطی است که پیوند جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی دارد که ویژگیهای آن از قبیل شدت، مدت، دوره تناوب و ... از محلی به محل دیگر متفاوت است. خشکی ویژگی ذاتی اقلیم های خشک و نیمه خشک جهان است، در حالیکه خشکسالی ممکن است حتی مناطق مرطوب را تحت تاثیر قرار دهد(علیجانی،۱۳۷۹). در حالت کلی خشکسالیها به چهار دسته هواشناسی، هیدرولوژی، کشاورزی و اجتماعی–اقتصادی تقسیم می شوند. نمود اصلی پیداش پدیده خشکسالی هواشناسی کاهش بارندگی به پایینتر از حد نرمال(میانگین دراز مدت) می باشد.هر گاه خشکسالی هواشناسی مدت زیادی تداوم یابد منجر به وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی می شود(اکبری:۱،۱۳۸٤).در سالهای اخیر به علت وقوع خشکسالیهای متعدد، برای تعیین ویژگیهای خشکسالی هواشناسی تا کنون نمایه های متعددی به کار گرفته شده است. بدون شک خشکسالی از جمله باسابقه ترین بلایای طبیعی است که بشر از دیرباز با آن مواجه بوده و از همان ابتدا در تلاش برای شناخت رفتار این پدیده بوده است.ارائه مدلهای طبقه بندی آب و هوایی در اوایل قرن بیستم همچون تورنت وایت(۱۹٤۸)، کوپن(۱۹۳۱) و کنراد(۱۹۵۰) را می توان نقطه عطفی در بررسی این پدیده ذکر کرد(اکبری:٦،۱۳۸٤).در سطح جهان "مک کی و همکاران" (۱۹۹۳) از اولین کسانی است که نمایه SPI را برای ایالت کلرادوی آمرکا به کار برد."داپیگنی و همکاران"(۲۰۰۱) به بررسی اثرات خشکسالی سال۹۹–۱۹۹۸ ایالتورمونت آمریکا به مقایسه دو نمایه SPI و PDSI در مقیاس ماهانه پرداختند و نتیجه گرفتند که نمایه SPI نتایج بهتری را نشان می دهد. " بازوهر و الگوهانی" (۱۹۹۷) با بهره گیری از داده های ۱٦ ایستگاه هواشناسی و روش گرافیکی به تعیین دوره های مرطوب و خشک عربستان پرداختند. "استرلا و همکاران" (۲۰۰۰) خشکسالهای رخ داده در منطقه والنسیا را با توجه به مدت و شدت و توزیع مکانی آنها مورد بررسی قرار دادند. " هانگ و همکارانش"(۲۰۰۱) با ارزیابی سه شاخص بارش استاندارد شده(SPI)، نمرات استاندارد شده بارش سالیانه(ZSIAP) و روش(CZI)، مزیت و

معایب هر روش را بیان کردند. "پاشیار و میشل"(۲۰۰۸) جهت تعیین نواحی خشک در مطالعه موردی کیپروس از شاخص SPI و شاخص RDI استفاده کردند. در کشور "مقدسی و همکاران" (۱۳۸۳) خشکسالیهای استان تهران را با استفاده از سه شاخص DI,SPIو EDI پایش نمودند و نتیجه گرفتند که روش EDI کاراترین شاخص برای پایش خشکسالی در این استان است. " حسنی ها" (۱۳۷۹) وضعیت خشکسالی و روند آن را در استان زنجان بر اساس چهار روش آماری محاسبه کردند و نتیجه گرفتند که هر چهار روش با هم همخوانی داشته و روند خشکسالی در استان زنجان یک روند افزایشی است. "پور همت و همکاران"(۱۳۷۹) روند خشکسالی و ترسالی های حوضه کارون را با استفاده از میانگین متحرک انجام دادند."بداق جمالی و جوانمرد" (۱۳۸۱) پایش و پهنه بندی خشکسالیهای استان خراسان را با استفاده از دو روش معکوس فاصله مجذور و کریکینگ انجام دادند."خسروی و اکبری"(۱۳۸۸) در پژوهشی به بررسی ویژگیهای خراسان جنوبی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش(SPI) پرداختند. "رضیئی و همکاران"(۱۳۸٦) به بررسی خشکسالیهای استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف پرداختند. "سلطانی و سعادتی"(۱۳۸٦) پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان را با استفاده از نمایه SPI انجام دادند. "فرج زاده" (۱۳۸٤) با استفاده از داده های بارندگی ۱۵۳ ایستگاه کشور در طی دوره آماری۱۹۹۸-۱۹٦٦ به تحلیل آماری ویژگیهای بارش کشور و بررسی خشکسالی ایستگاهها پرداخت. " علیجانی و بنی واهب"(۱۳۸٤) ترسالی و خشکسالی و تغییرات اقلیم منطقه بیرجند را با استفاده از مدل های آماری مورد مطالعه قرار دادند. " زاهدی و قویدل"(۱۳۸٦) آستانه خشکسالی و میزان بارش قابل اعتماد ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه ارومیه را طی دوره ۲۰۰۲-۱۹٦۰ با استفاده از شاخص های بارش قابل اعتماد، نمرات استاندارد و شاخص درصد از بارش مطالعه کردند. " جهانبخش و همکاران"(۱۳۸۷) خشکسالی زمانی و مکانی و دوره های خشک و مرطوب حوضه دریاچه نمک قم را با استفاده از داده های بارش طی سالهای ۲۰۰۰-۱۹۷۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. هدف پژوهش حاضر تعیین مناطق هم خشکسال استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوشه ای- فاصله ای می باشد.

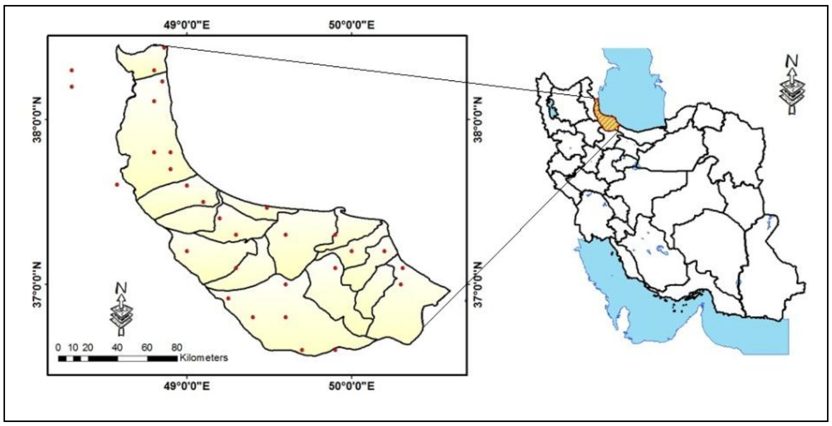
مواد و روش ها

استان گیلان با متوسط بارش ۱۱۰۰ میلیمتری دارای اقلیمی مرطوب و معتدل است، توزیع زمانی بارشها در سال آبی عموما از اواسط شهریور تا اواخر فروردین ماه می باشد که نزدیک به ۸۰ درصد مجموع بارش ها را در طول سال تشکیل می دهد(تاجداری،۲:۱۳۹۰).جهت پایش، پهنه بندی خشکسالیهای استان گیلان طی ۳۰ سال اخیر و همچنین تعیین مناطق با ذات هم خشکسال مشابه در گستره استان از ۳۲ ایستگاه بارانسنجی در سطح استان استفاده گردید. مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه در جدول ۱ و پراکنش مکانی آنها در شکل۱ آمده است.

جدول۱. مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه در استان گیلان

ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین بارش سالانه
اردبیل	۱۳٦٥	٤۸/۳	۳۸/۲	۱۷۸
انزلی	-۲۳/٦	٤۹/٥	۳۷/٥	۱۷٦٤
آب ویر	۲٥۰	٤۹	۳۷/٦	۱۳٦۳
آستارا	-۲٥	٤۸/۹	۳۸/٤	۱۱۹٤
آستانه	-٥	٤۹/۹	۳۷/۷	۱۲۷۱
باش محله	۷۰	٤۸/۸	۳۸/۳	۱٤۲۱
پارود بار	٤۹٥	٤۹/۷	۳٦/٦	۳۲۲
پررود	۲۹۳	٥۰/۲	۳٦/۲	۳۳۷
توتکابن	۲٦۰	٤۹/٦	۳٦/۸	٥۲۱
توتکی	۲۰٥	٤۹/۹	۳۷/۱	۱٥۲۹
خرجگیل	۱٤٥	٤۸/۹	۳۷/۷	۱۲٤۷
خلخال	۱۸۰٦	٤۸/٥	۳۷/٦	۳٦۹
رامسر	-۲۰	٥۰/۷	۳٦/۹	۱۱۷٦
رشت	۰	٤۹/٦	۳۷/۳	۱۲۹۹
رضوان شهر	۷۰	٤۹/۱	۳۷/٥	۱۲٦۸
شلمان	-۱٦	٥۰/۲	۳۷/۲	۱۱۷٤
شهربیجار	۱٤۰	٤۹/٦	۳۷	۱۲۳٤
قلعه رودخان	۱۷۰	٤۹/۳	۳۷/۱	۱٦٦۸
کسما	-۲	٤۹/۳	۳۷/۳	۱۰۸۰
کلچال	۱٥۰	٥۰/۳۱	۳۷/۱	۱۲۰۹
گورد	۲٤۹	٤۹/۹	۳٦/٦	۲۷٤
گیلوان	۳۱۱	٤۹/۱	۳٦/۸	۱۹۱
لاهیجان	۳٤/۲	٥۰	۳۷/۲	۱۳۹٤
ماسال	٦۰	٤۹/۲	۳۷/٤	۱۰۰٤
ماسوله	۹۸۰	٤۹	۳۷/۲	۹۱٦
ماشین خانه	۳۰۰	٤۸/۸	۳۷/۸	۱۰٥٦
منجیل	۲۳۲	٤۹/٤	۳٦/۸	۲٦۱

نمین	۱٤٤٥	٤٨/٣	٣٨/٣	٣٢٦
هرات بر	۱۱۰	٥٠/٣	٣٧	١٣٤٣
هشت پر	٩٩	٤٨/٩	٣٧/٨	١١٣٩
لیمیر	۰	٤٨/٨٥	٣٨/٢٣	١٤٣٧
شیرآباد	۱۱-	٤٨/٨	٣٨/١١	١١٥١



شکل۱. موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه در استان و کشور

شاخص ناهنجاری بارش(RIA)

شاخص ناهنجاری بارندگی توسط روی در سال ۱۹٦٥ ارائه شده است. اساس شاخص ناهنجاری بارندگی، محاسبه انحراف معیار مقادیر بارندگی از نرمال می باشد. مراحل محاسبه این شاخص بصورت زیر است:

- محاسبه میانگین دراز مدت بارندگی در ایستگاههای ($\overline{P}$) مورد نظر
- استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ($\overline{m}$)
- استخراج میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ($\overline{X}$)
- مقایسه داده های بارندگی (P) با میانگین دراز مدت بارندگی.

چنانچه $P \geq \bar{P}$ یا ناهنجاری مثبت باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می شود:

رابطه ۱:

$$RAI = 3\left[\frac{P-\bar{P}}{\bar{m}-\bar{P}}\right]$$

چنانچـــــه $P \leq \bar{P}$ یا ناهنجاری، منفی باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می شود:

رابطه۲: $$RAI = -3\left[\frac{P-\bar{P}}{\bar{x}-\bar{P}}\right]$$

در نهایت، مقادیر محاسبه شده بر اساس جدول ۳ طبقه بندی می شوند.

شدت خشکسالی	آستانه نسبت داده شده به RAI
نزدیک نرمال	۰/۳- تا۰/۳+
خشکسالی ضعیف	۰/۳- تا ۱/۲-
خشکسالی متوسط	۱/۲- تا۲/۱-
خشکسالی شدید	۲/۱- تا ۳-
خشکسالی بسیار شدید	≤ -۳

تحلیل روند:

آزمونهای روند به دو دسته پارامتری و ناپارامتری دسته بندی میشوند. پیش فرض آزمونهای پارامتری آن است که داده ها تصادفی و برآمدهای یک توزیع نرمال باشند. در عین حال فرض نرمال بودن داده ها در آزمونهای ناپارامتری وجود ندارد. بنابراین درصورتیکه به نرمال بودن داده ها اطمینان نداریم بکارگیری آزمونهای ناپارامتری محتاطانه تر به نظر میرسد. با این حال برخی محققان نشان داده اند که تفاوت نتایج دو روش در مورد بسیاری از عناصر اقلیمی معنادار نیست (وینیکف، ۲۰۰۲). در اینجا برای انجام آزمون روند دما فرض میکنیم دما تابعی خطی از زمان است. بنابر این مدل تغییرات بصورت زیر خواهد بود:

رابطه ۳: $$\text{Temperature} = \alpha + Q\ \text{Time}$$

روشن است که یک مقدار مثبت برای Q نشانگر افزایش دما با زمان و یک مقدار منفی برای Q نشانگر کاهش دما با زمان است. برای Q =۰ فرض وجود روند تایید نمیشود. اما از آنجا که مقدار Q نامعلوم است یک برآورد از Q با اطمینان ۹۵ درصد از رابطه زیر بدست می‌آید (باتاچاریا و همکاران،۱۹۷۷).

رابطه ٤: $$Q = \frac{Xi' - Xi}{i' - i}$$

اگر حد بالا و پایین Q که به این ترتیب بدست می‌آید هر دو مثبت باشند فرض وجود روند افزایشی در دما رد نمی شود. اگر حد بالا و پایین Q هر دو منفی باشند فرض وجود روند کاهشی در دما ثابت می شود و اگر حدبالا و پایین مختلف العلامه باشند فرض وجود روند تایید نمی‌گردد(مسعودیان،۱۳۸۳).

تحلیل خوشه ای:

تحلیل خوشه ای راهی است برای تقسیم یک مجموعه داده به زیر مجموعه های (خوشه ها یا دسته ها) همگن و مفیدی که دارای ویژگی های مشابه باشند. داده هایی که همانند باشند در یک خوشه، جا می گیرند و داده های ناهمانند در خوشه های جداگانه قرار می گیرند(غیور و منتظری،۲۸:۱۳۸۳). در روش فاصله ای، گروه بندی مشاهدات بر اساس فاصله بین آنها انجام می شود، یعنی مشاهدات یا اجزایی که از همدیگر فاصله کمتر ی دارند، جزء یک گروه قرار می گیرند، نام عمومی روش های گروه بندی بر اساس فاصله بین اجزاء خوشه بندی است. هدف اصلی روش خوشه بندی ایجاد گروه ها و طبقاتی است که تنوع و تفرق درون گروهی آنها کمتر از تفرق و پراکنش بین گروهی باشد. در روش فاصله ای تغییرات عناصر اقلیمی هر ایستگاه طی دوره مورد مطالعه یک محور محسوب می شود و فاصله روزهای مورد مطالعه از یکدیگر بر اساس این محورها تعیین می شود، آنگاه روزهایی که با هم نزدیکترند در یک گروه قرار می گیرند، اگر یک معیار مبنای گروه بندی باشد، بهترین راه محاسبه نمره استاندارد هر کدام از اعضاست، پس بر اساس واحدهای نمره استاندارد، اعضا به گروه های متجانس تقسیم می شوند، می توان فاصله معیار هر گروه را مضربی از نمره استاندارد تعیین کرد. روش فاصله ای معمولاً برای گروه بندی های دو یا چند معیاری بکار می رود و معمولاً هر متغیر اقلیمی مانند دما و بارش می تواند یک معیار باشد. هدف اصلی خوشه بندی کاهش تنوع و یا واریانس درون گروهی و افزایش واریانس بین گروهی است(علیجانی،۱۹۰:۱۳۸۲). تحلیل خوشه ای می تواند به طریق سلسله مراتبی (Hierarchical) یا غیر سلسله مراتبی(Non Hierarchical) انجام پذیرد. در روش سلسله مراتبی طی فرایند خوشه بندی نخست خوشه ها شناسایی و سپس بر حسب درجه همانندی در یکدیگر ادغام می شوند تا سر انجام همه خوشه ها در یک خوشه جمع شوند. روش چند میانگین (K-mean) متداولترین روش خوشه بندی ناپایگانی است. در این روش نخست افراد به k گروه دلخواه تقسیم شده و سپس هر فرد در گروهی خوشه می شود که کمترین فاصله را تا میانگین آن گروه دارد(مسعودیان، ۱۳۸۲). در آغاز فرآیند خوشه بندی به تعداد مشاهدات، خوشه وجود دارد و در آخرین مرحله همه مشاهدات در یک خوشه جمع می شوند(علیجانی،۱۷۵:۱۳۸۱). دو نقطه را در صورتی متعلق به یک ناحیه اقلیمی می دانیم که آب و هوایی آنها به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک باشد. بنابراین ابتدا با اندازه

گیری فاصله اقلیدسی عناصر اقلیمی همه نقاط مکانی ماتریس P، درجه ناهمانندی مکان ها با یکدیگر سنجیده می شود(رابطه ۳).

رابطه ۵:
$$d_{rs}^2 = (P_r - P_s)(P_r - P_s)'$$

در رابطه فوق d_{rs}^2 فاصله اقلیدسی نقطه r ام به مختصات (φr , λr) و نقطه S ام به مختصات (φ_s , λ_s) یا فاصله اقلیدسی گروه r ام و گروه S ام می باشد؛

P_r متغیر اقلیمی نقطه یا گروه r ام؛
P_s متغیر اقلیمی نقطه یا گروه S ام؛

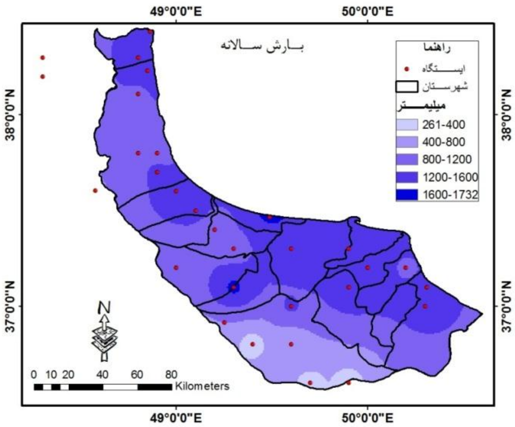
در روش وارد گروه های r و S در صورتی ادغام می شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یک از آنها با دیگر گروه ها کمینه باشد(رابطه ۵).

رابطه٦:
$$d(r,s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)}$$

در رابطه فوق d_{rs}^2 فاصله بین گروه r و گروه S است که به روش پیوند مرکزی به دست آمده باشد. n_r تعداد اعضای گروه r و n_s تعداد اعضای گروه S است(مسعودیان،۱۳۸۸،صص۸۳و۸٤).

بحث و نتایج

پس از کنترل کیفی مقادیر سری بارش و تصحیح داده ها توسط رگرسیون خطی اقدام به پهنه بندی مقادیر بارش سالانه برای ایستگاهها بر اساس روش مجذور فاصله معکوس(IDW) گردید نتایج پهنه بندی بارش در شکل ۲ آمده است. با توجه به نقشه توزیع بارش سالانه در استان اینگونه استنباط می گردد که بیشینه بارش ها در مناطق ساحلی استان در حوالی انزلی، قلعه رودخان، آستارا و باش محله مشاهده می گردد. کمینه بارش ها نیز در قسمتهای جنوبی استان در حوالی منجیل، پارودبار و گوورد بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر مشاهده می گردد.



شکل۲. پهنه بندی مقادیر بارش سالانه استان گیلان

پس از پهنه بندی مقادیر بارش اقدام به آشکار سازی روند در سری بارش های سالانه برای هر ایستگاه گردید تا در صورت وجود روند همبستگی آن با شدت خشکسالیها برآورد گردد. روند سری بارش های سالانه با استفاده از روشهای ناپارامتریک محاسبه گردید که نتایج آن در جدول شماره۳ آمده است. همانطور که از محاسبات آورده شده در جدول۳ مشخص است در هیچکدام از ایستگاهها بر اساس آماره من کندال روند معنی داری در سری بارش سالانه مشاهده نمی گردد. با توجه به ایستایی سری بارش سالانه برای ایستگاههای مورد مطالعه می توان گفت که ناهنجاری بارش برای ایستگاههای استان و همچنین وقوع خشکسالی از هیچ رابطه خطی و مشخصی پیروی نمی کند و وقوع آن در استان بصورت دوره ای است.

جدول ۳. برآورد مقادیرZو کران های بالا و پایین شیب روند برای ایستگاههای مورد مطالعه

Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
آب ویر	−۰/۳۲۱۲٤		−۱/۲۷۲۷۳	−۱۲/٤٦۷	۱۲/٤٥٥۹	−۱۰/۱۷٥۳	۸/۳٤٤۳۲۲	۱٤۱۰/٦۸۲
انزلی	−۰/۷٦۷۲۹		−٤/۱۱۷٦٥	−۲۲/۲٤۳٤	۱۲	−۱۷/۷٤۱۸	٦/٦۷۷۰۰۸	۱۸۱٦/۱٤۷
اردبیل	−۰/٤٤٦۱		−۱	−٥/۷٤٦٥٤	۳/۳۳۲۹۱۷	−٤/٦٦٦٦۷	۲/۱٥۹۲٥۳	۳۱۳
آستانه	−۰/٤۱۰٤۱		−۱/۷٥	−۱٤/۲٦۲٥	۱۲/٤۷۸۹۳	−۱۰/۰۷۸۹	۷/٦۳۲٤۲۹	۱۳۱٦/۱۲٥
آستارا	۰/۲۸٥٤٥٦		۱/۳۳۳۳۳۳	−۱۱/۸٦٦٦	۱۲/٤٤۸۹۳	−۸/۲۰۲۱۸	۸/۸۹۳۰٤۳	۱۱٥٥/۸۳۳
باش محله	−۱/٥۸۸٦۱		−۱۰/۱۳٦٤	−۲۷/۲۰٥۸	٦/٤۹۱۰۱۷	−۲٤/۳۸۰۷	۲/۲٤۹٦۷۹	۱٦۱۰/۲۲۷
قلعه رودخان	−۱/۲۱۳۱۹		−٦/۳۷٥	−۲۰/۲٤۳٥	٥/۷۷۸۲۳٥	−۱٥/٦٤۷۳	۳/۲۷۲۲۹۷	۱۷۱٥/٦۲٥
گیلوان	۰/٤۸۱۷۸٥		۰/٥٤٥٤٥٥	−۲/٤۷۷۲٦	۳/٦۸٦۷٥٥	−۱/۷۷۹٥٦	۲/٦۷۸۸٦٤	۱٦۹/۸۱۸۲
گوورد	−۰/۹٤٦۰۳		−۱/۷٦٤۷۱	−٦/۲۱۸٤۷	۳/۷۲٦۸۳۲	−٥/۳۲۸٤۲	۲/۰۷٥٥٥۷	۲۹۳/٤۷۰٦

هراتبر	-۰/۲٤۹۷۷		-۰/۷۷۷۷۸	-۱٦/۸۲٤٦	۱٥/۱۲۸۳٦	-۱۱/۰۹۱۳	۱۱/۹۱۱۷۹	۱۳۷۲/٦٦۷
هشتپر	-۰/۰۳٥۷		۰	-۱۱	۷/۲٥	-۸/٥۸۲۷	٥/٦۹۲۹۷۲	۱۱۰۷/٥
کسما	-۱/۱۹٥٥٤		-٥/٥	-۱۷/٤٦۸۷	٦/۱٥۱٤۷۷	-۱٤/٥۸۸۱	۲/۷٦۸۳۲۷	۱۱٦٤/۲٥
خلخال	۰/۷۳۱٥۹۹		۱/٥	-٤/۳۹٥۳٤	۷/۲۷۲٦۹٥	-۲/۸۱٤۰۳	٦	۳۳۱
خرجگیل	۱/۸۹۱۷٥۲	+	٥/۷۱٤۲۸٦	-۲/۷۱۰۷	۱۲/٤۷۷۱۹	-۰/۲۲٦۰۳	۱۰/٥۳٤۳٤	۱۱٤۷/٦٤۳
کلچال	۰/۰۳٥٦۸۲		۰/۷٦٤۷۰٦	-۱٥/۰۸٦٦	۱۲/۸٤٦٥۷	-۱۰/٥۱٦۱	۱۰/۱۸۷۱۲	۱۱۹۲/۲۹٤
لاهیجان	۱/۱۷۷۸۸۳		۷/۲٥	-۷/٤٥٤۱	۲۰/٥۰۲٥۸	-٤/۲۱۹۷۷	۱۹/۲٦٤۸۳	۱۲۳۳/۲٥
لمیر	۰/۸٥٦٦٤۲		۷/٥	-۱۱/۱٦۸۳	۲٥/۳٤۳۰۸	-۸/۰۲۷٤۷	۲۱/۰۹۷٥۱	۱۲۷۸/۲٥
منجیل	-۱/۸۰۲۲۳	+	-۳/۱۸۷٥	-۸/۸	۱/٤۷۳٤۷۱	-۳/۳٥۹۸۸	۰/۲۲۲۲۲۲	۳۰۹/٦۸۷٥
ماسال	۰/۱۷۸٤۱		۰/٦۳۱٥۷۹	-۸/۷۹۲٤۲	۹/۲۷۷۲٥٥	-٦/٤۸۷٦	۷/٦۸۷۱۲۲	۹۹۰/٤۲۱۱
ماشین خانه	۰/۷۳۱٥۹۹		۳/۲۹۱٦٦۷	-۹/٦۲٥۲۳	۱۳/٤٤٦۹٤	-٦/۲۸۰٥٥	۱۱/۷٤٥٥۸	۱۰۰٤/٥
ماسوله	۱/٤٦۳٤۳		٥/۸۸	-٤/۸٤۱٦	۱٥/۳٦۹٦۷	-۲/٦٦٦۰۱	۱۳/٥۱۸۷۳	۸۳۷/۹۸
پارودبار	۱/۷۱۳۲۸٤	+	٤	-۳/۰۲۸۲۹	۱۰	-۰/٦۲۱٥۲	۸/٥۷۲٦۸۲	۲٥۰/٥
رشت	-۱/٤٦۳٤۳		-٥	-۱٦/۱٤۰۳	۳/٥۰۰٥۸۱	-۱۳/۱٦۸۸	۱/۷٥۸۱٥۷	۱۳٥۳
رضوانشهر	۰/٦٤۲۲۷۷		۳/۱۹۰٤۷٦	-۸/٥۱۳۸٦	۱۸/۱۱٥٥۲	-٥/٤۳٦٤۹	۱۳/۲۱۰۳	۱۲٤۰/۲۸٦
شهر بیجار	۰/۰۷۱۳٦٤		۰/۲۹٤۱۱۸	-۱۱/۳۱٦۷	۱۱/٦۷۳۲۸	-۹/۰۷۳۷۱	۹/۰٤۰۹۱۱	۱۲۰٤/۳۸۲
شلمان	-۰/۲۸٥٤٦		-۱	-۱۱/۱۷٤۷	۹/٥۷٥۱۰۷	-۸/٤٦۸۳۱	۸	۱۱٦۷/٥
شیرآباد	۰/۸۳۸٦٦۲		۳/۰۸۳۳۳۳	-۹/۷٦٦۷۸	۱٦/٦۷۷۹	-٥/۹۷۰۹٤	۱۲/۳۱۹۹۸	۱۰۸۲
توتکی	۰/٦۰٦٥۹٥		۳/۹۱٦٦٦۷	-۱٦/٥۰۳٤	۲۲/٦٤٤۸۷	-۱۰/۷۸٥۸	۱۸/٤٥٤۲٦	۱٥۱۱/۱۲٥
توتکابن	-۰/٥۳٥٤		-۱/۸	-۱۰/۲۱۸٤	٥/۸۱۸۲٥٦	-۸/۲۷۰٦	۳/٥۱۸۷۳۱	٥۱٤/۱
پررود	۰/۸٥٦۳٦۹		۲/۳۳۳۳۳۳	-٤/٤۷۰۳۲	۷/٦۳٤٦٥۷	-۲/٤۷٤۰۷	٦/٤۱۱۰۸٥	۳۰۰
رامسر	-۰/٥٥۳۱٦		-۳/٤٤٤٤٤	-۱۹/۱۹۹۲	۱۳/٦۱۳٦۱	-۱٥/٤۸۷٤	۱۰/۲۳٤٥٤	۱۲۰٥/٤٤٤

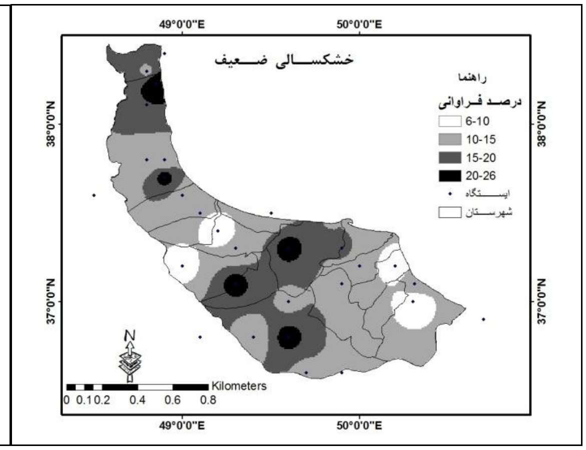
در گام بعدی و پس از تحلیل شرایط سری بارش ایستگاهها اقدام به تعیین ضرایب خشکسالی برای ایستگاههای مورد مطالعه بر اساس شاخص ناهنجاری بارش(RIA) گردید. پس از برآورد مقادیر، اقدام به محاسبه درصد فراوانی شدت خشکسالی در دوره آماری مورد مطالعه(۱۳۸۹-۱۳٦۰) برای هر ایستگاه گردید. نتایج محاسبات مربوط به فراوانی شدت خشکسالی برای هر ایستگاه در جدول ٤ آمده است.

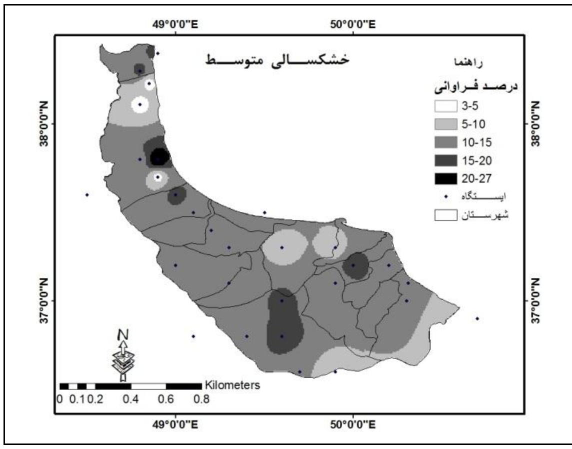
جدول٤. فراوانی شدت خشکسالی در استان گیلان در دوره ۱۳۸۹-۱۳٦۰

ایستگاه	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
آب ویر	٤٦/٧	٦/٧	١٣/٣	١٦/٧	٦/٧	١٠
انزلی	٤٣/٣	٦/٧	١٠	١٣/٣	١٠	١٦/٧
اردبیل	٤٦/٧	١٣/٣	٦/٧	٣/٣	١٣/٣	١٦/٧
آستانه	٤٦/٧	٦/٧	١٦/٧	٦/٧	٦/٧	١٦/٧
آستارا	٤٣/٣	٣/٣	٢٠	١٦/٧	٣/٣	١٣/٣
باش محله	٤٠	١٠	١٣/٣	١٦/٧	٦/٧	١٣/٣
قلعه رودخان	٣٠	١٠	٢٣/٣	١٣/٣	٣/٣	٢٠
گیلوان	٣٦/٧	١٠	٢٠	١٠	٦/٧	١٦/٧
گوورد	٤٦/٧	٣/٣	١٣/٣	٦/٧	١٠	٢٠
هراتبر	٤٦/٧	١٠	٦/٧	١٠	١٠	١٦/٧
هشتپر	٣٣/٣	١٠	١٠	٢٦/٧	٦/٧	١٣/٣
کسما	٤٠	١٠	١٠	١٠	١٦/٧	١٣/٣
خلخال	٤٠	٦/٧	١٣/٣	١٣/٣	١٠	١٦/٧
خرجگیل	٣٣/٣	١٠	٢٣/٣	٣/٣	١٦/٧	١٣/٣
کلچال	٤٠	١٣/٣	١٣/٣	١٠	١٣/٣	١٠
لاهیجان	٣٠	١٦/٧	١٠	٢٠	١٣/٣	١٠
لمیر	٤٣/٣	٠	٢٦/٧	٣/٣	١٣/٣	١٣/٣
منجیل	٣٦/٧	١٦/٧	١٠	١٠	١٣/٣	١٣/٣
ماسال	٣٦/٧	٢٠/٠	٦/٧	١٣/٣	٦/٧	١٦/٧
ماشین خانه	٤٦/٧	٦/٧	١٠	١٣/٣	١٦/٧	٦/٧
ماسوله	٤٠	١٦/٧	٦/٧	١٣/٣	٦/٧	١٦/٧
نمین	٤٣/٣	١٦/٧	١٠	١٠	٦/٧	١٣/٣
پارودبار	٤٣/٣	٦/٧	١٣/٣	١٠	١٦/٧	١٠
رشت	٣٦/٧	١٦/٧	٢٣/٣	٦/٧	٠	١٦/٧
رضوانشهر	٤٦/٧	١٠	١٠	١٣/٣	١٠	١٠
شهر بیجار	٣٦/٧	١٣/٣	١٣/٣	١٦/٧	٦/٧	١٣/٣
شلمان	٣٣/٣	١٦/٧	٦/٧	١٣/٣	١٦/٧	١٣/٣
شیرآباد	٣٦/٧	٢٠	٢٠	٣/٣	٣/٣	١٦/٧
توتکی	٥٠	٣/٣	١٣/٣	١٠	٦/٧	١٦/٧

توتکابن	٤٠	٣/٣	٢٣/٣	٢٠	٠	١٣/٣
پررود	٥٠	١٠	١٠	٣/٣	١٣/٣	١٣/٣
رامسر	٤٠	١٦/٧	١٣/٣	٣/٣	١٠	١٦/٧

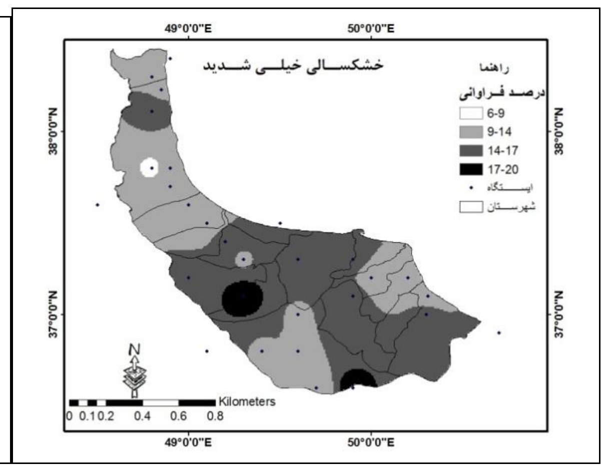
برای تشخیص بهتر پراکنش فراوانی شدت های خشکسالی در سطح استان نقشه های پهنه بندی درصد فراوانی برای هر چهار نوع خشکسالی در اشکال ٣ تا ٦ آمده است. بیشترین درصد فراوانی خشکسالیهای ضعیف با ٢٠ تا ٢٦ درصد فراوانی وقوع در مناطق مرکزی و گوشه شمال‌غربی استان در محدوده ایستگاههای قلعه رودخان، رشت، توتکابن، خرجگیل، شیرآباد و لیمیر مشاهده می گردد. کمترین میزان فراوانی وقوع خشکسالهای ضعیف نیز در محدوده ایستگاههای هراتبر، شلمان، ماسال و ماسوله با ٦ تا ١٠ درصد فراوانی وقوع در بلند مدت می باشد. در مورد فراوانی خشکسالیهای متوسط در استان می توان گفت بیشترین فراوانی وقوع در حوالی ایستگاه هشت پر با ٢٠ تا ٢٧ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در حوالی ایستگاههای لیمیر، شیرآباد و خرجگیل با ٣ تا ٥ درصد فراوانی وقوع رخ می دهد. پهنه بندی فراوانی وقوع خشکسالهای شدید در استان حاکی از آن است که بیشترین درصد فراوانی وقوع در قسمتهایی از مناطق حاشیه ای استان در شرق و جنوب و شمالغرب در محدوده ایستگاههای ماشین خانه، خرجگیل، کسما، منجیل، پارودبار، لاهیجان، شلمان و کلچال با ١٢ تا ١٦ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در مناطق مرکزی در حوالی ایستگاههای رشت، قلعه رودخان، توتکابن و شیرآباد با ١ تا٤ درصد فراوانی وقوع می باشد. از لحاظ فراوانی وقوع خشکسالیهای خیلی شدید اینگونه می توان گفت که بیشترین درصد فراوانی وقوع در گوشه جنوبی استان در محدوده ایستگاههای قلعه رودخان و گوورد با ١٧ تا ٢٠ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در حوالی ایستگاه ماشین خانه با ٦تا٩ درصد در بلند مدت مشاهده می گردد.

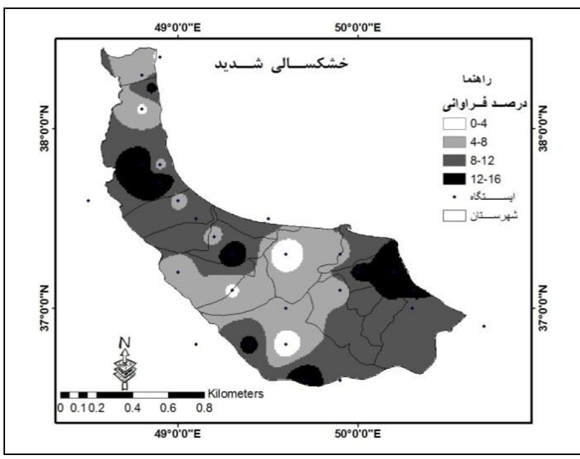




شکل۳. پهنه بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی ضعیف استان گیلان طی دوره(۱۳۸۹-۱۳۶۰)

شکل٤. پهنه بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی متوسط استان گیلان طی دوره(۱۳۸۹-۱۳٦۰)





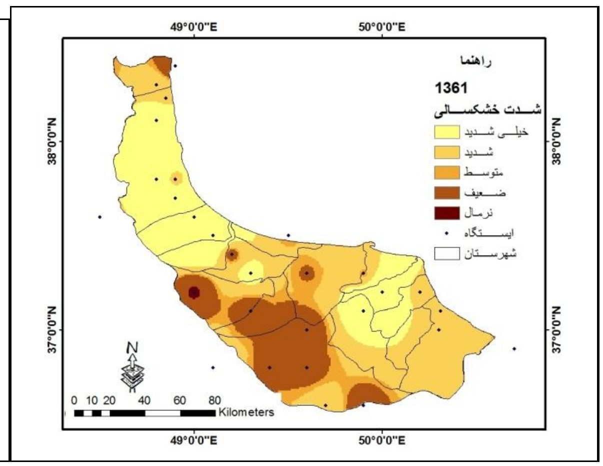
شکل۵. پهنه بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی شدید استان گیلان طی دوره(۱۳۸۹-۱۳٦۰)

شکل٦. پهنه بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی خیلی شدید استان گیلان طی دوره(۱۳۸۹-۱۳٦۰)

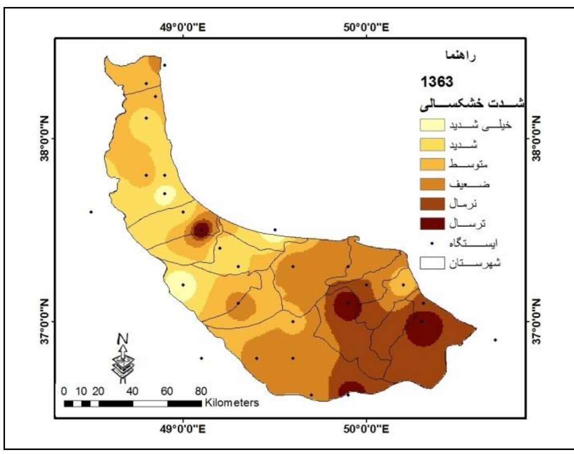
پس از تحلیل فراوانی وقوع شدت های مختلف خشکسالیهای استان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش، اقدام به گزینش و پهنه بندی ۸ مورد از خشکسالیهای فراگیر استان طی دوره مورد مطالعه(۱۳۸۹-۱۳٦۰) با استفاده از روش مجذور فاصله معکوس(IDW) به شرط اینکه حدود ۹۰ درصد ایستگاهها دارای خشکسالی بوده اند گردید. سالهای گزینش شده که در نهایت با استفاه از تعمیم شبکه ای نقاط در تحلیل خوشه ای- فاصله ای مورد ارزیابی قرار می گیرند عبارتند از:

– خشکسالی سال ۱۳٦۱: در این سال قسمت اعظم استان تحت سیطره خشکسالی می باشد و تنها گوشه غربی استان دارای وضعیت نرمال است. بیشترین شدت خشکسالی مربوط به قسمتهای شرقی و شمالی استان و کمترین شدت آن مر بوط به گوشه جنوبی است(شکل۷).

– خشکسالی سال۱۳٦۳: در این سال گوشه شرقی استان دارای وضعیت نرمال و سایر قسمتهای استان تحت سیطره معضل خشکسالی بوده است. بیشترین شدت خشکسالی مربوط به قسمت شمالی و کمترین آن مربوط به قسمت جنوبی استان است(شکل۸).



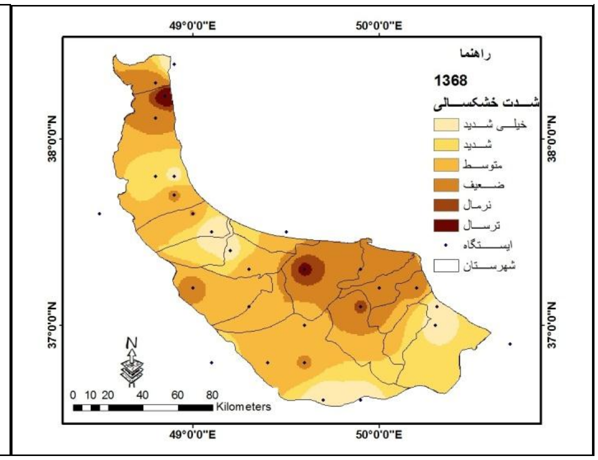
شکل۷. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳٦۱

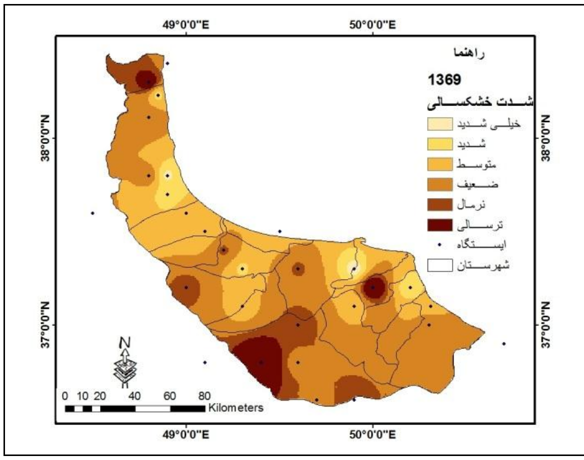


شکل۸. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳٦۳

–خشکسالی سال ۱۳٦۸: در این سال به استثنای ایستگاههای رشت و لیمیر در سایر قسمتهای استان خشکسالی گسترده شده است. در این سال بیشترین شدت در قسمت مرکزی و شرقی استان و کمترین شدت آن در گوشه شمالی مشاهده می‌گردد(شکل۹).

–خشکسالی سال ۱۳٦۹: در سال ٦۹ قسمتهای جنوب غرب و گوشه شمالی استان دارای وضعیت نرمال و سایر قسمتها تحت پدیده خشکسالی بوده است. بیشترین شدت خشکسالی در حوالی ایستگاههای آستانه،شلمان و خرجگیل مشاهده می گردد(شکل۱۰).



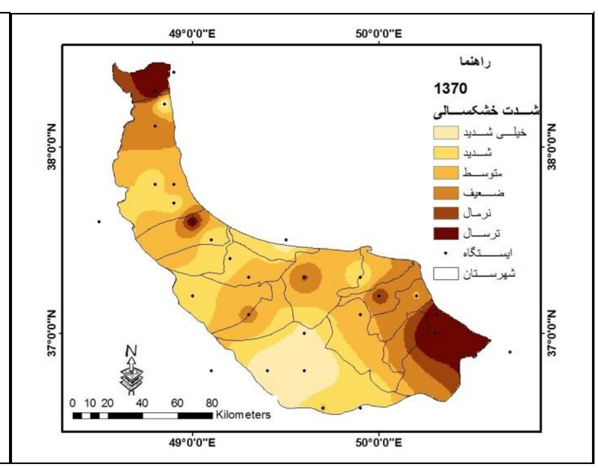


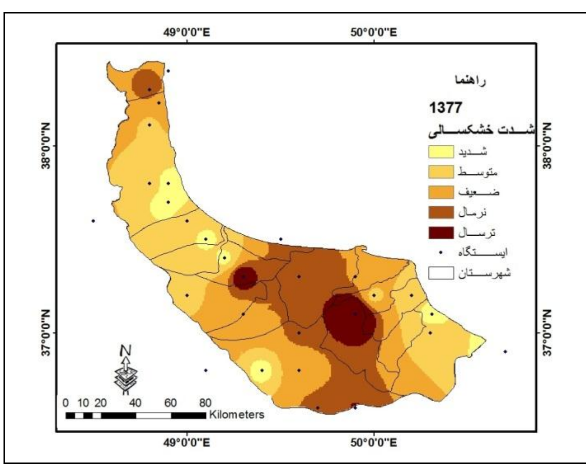
شکل۹. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۶۸

شکل۱۰. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۶۹

-خشکسالی سال ۱۳۷۰: در سال ۱۳۷۰ به استثنای گوشه شرقی و شمالی در سایر قسمتهای استان خشکسالی احاطه داشته است. در این سال بیشترین شدت خشکسالی در گوشه جنوبی استان در حوالی ایستگاهها منجیل و توتکابن و همچنین در قسمتهایی از شمال استان در حوالی ایستگاههای انزلی و لیمیر مشاهده می گردد(شکل ۱۱).

-خشکسالی سال ۱۳۷۷: نقشه خشکسالی سال ۱۳۷۷ بیانگر آن است که به جز در لکه هایی از بخش مرکزی استان در سایر قسمتها خشکسالی تسلط داشته است. بیشترین شدت آن مربوط به بخشهای شرقی، غربی و جنوبی استان در حوالی ایستگاههای کلچال، منجیل، ماسال، رضوانشهر، خرجگیل و هشت پر دیده می شود(شکل ۱۲).



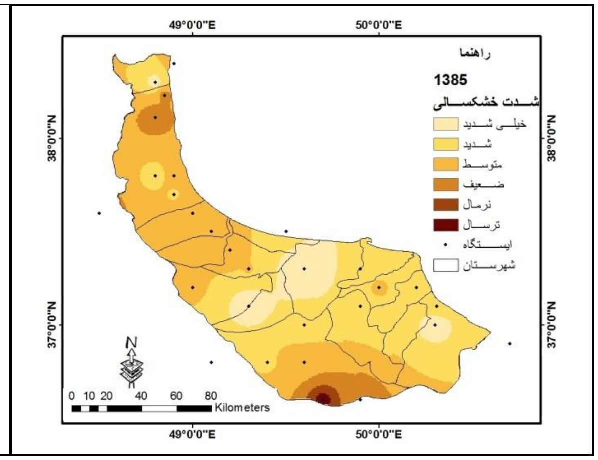


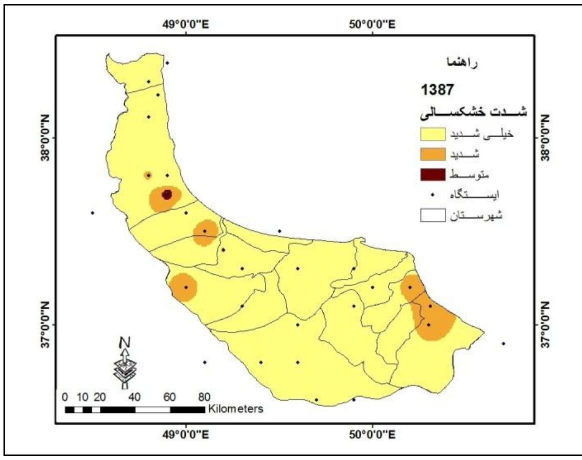
شکل۱۱. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۷۰

شکل۱۲. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۷۷

–خشکسالی سال ۱۳۸۵: در سال ۱۳۸۵ به استثنای گوشه جنوبی به مرکزیت ایستگاه پارودبار در سایر بخشهای استان خشکسالی تسلط داشته است. بیشترین شدت خشکسالی در ایستگاههای رشت، قلعه رودخان، هراتبر و باش محل مشاهده می شود(شکل۱۳).

–خشکسالی سال ۱۳۸۷: در سال ۱۳۸۷ تمام گستره استان تحت سیطره خشکسالی بوده است که به جز بخشهای کوچکی از شرق و مرکز استان در سایر نقاط خشکسالی خیلی شدید حاکم بوده است(شکل١٤).





شکل۱۳. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۸۵ شکل١٤. پهنه بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۸۷

پس از تحلیل خشکسالیهای فراگیر در دوره مورد مطالعه(۱۳۸۹–۱۳٦۰) اقدام به تحلیل خوشه ای ضرایب خشکسالی جهت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی در گستره استان گیلان گردید. با آزمودن روشهای مختلف برای تعیین تعداد خوشه ها بهترین روش وارد انتخاب گردید. برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روشهای رایج روش فاصله اقلیدسی انتخاب گردید. با انتخاب ۸ خشکسالی فراگیر در دوره مورد مطالعه اقدام به تحلیل خوشه ای مقادیر و تعیین مناطق با ذات مشابه برای رخداد خشکسالی گردید. نتایج محاسبات مربوط به تعیین خوشه ها و تعین فاصله بین دسته ها در جدول۵ آمده است.

جدول۵. مراحل تعیین سطوح خوشه و سطح تشابه برای هر مرحله

مرحله	تعداد خوشه ها	سطح تشابه	فاصله طبقات	جایگشت خوشه ها	مرحله	تعداد خوشه ها	سطح تشابه	فاصله طبقات	جایگشت خوشه ها
۱	۳۱	۸۵/۰۳	۱/۷۸	۱۰	۱۷	۱۵	۵۷/۸۸	۵/۰۲	۸
۲	۳۰	۸۳/۱۱	۲/۰۱	۹	۱۸	١٤	۵۵/۸٦	۵/۲٦	۲
۳	۲۹	۷٤/۸٤	۳	۹	۱۹	۱۳	٥٤/۷۱	۵/۳۹	٦

٢	٥/٥٢	٥٣/٦٩	١٢	٢٠	١٣	٣/٠٢	٧٤/٦٢	٢٨	٤
١	٥/٥٧	٥٣/٢١	١١	٢١	٧	٣/١٦	٤٣/٥٠	٢٧	٥
٢	٦/٢٥	٤٧/٥٦	١٠	٢٢	٢٦	٣/٣٣	٧٢/٠٢	٢٦	٦
٥	٦/٤٢	٤٦/١٢	٩	٢٣	٦	٣/٣٥	٧١/٨٥	٢٥	٧
٣	٧/٤٣	٣٧/٥٩	٨	٢٤	٤	٣/٤٢	٧١/٢٨	٢٤	٨
٦	٧/٤٦	٣٧/٤٠	٧	٢٥	٢	٣/٦٩	٦٨/٩٩	٢٣	٩
١	٨/٢٧	٣٠/٥٨	٦	٢٦	١٣	٣/٥٨	٦٧/٦٨	٢٢	١٠
٣	١١/٣٣	٤/٨٥	٥	٢٧	١٠	٤/٠٧	٦٥/٨٥	٢١	١١
٢	١٣/٩٧	-١٧/٢٧	٤	٢٨	١٦	٤/٠٩	٦٥/٦٢	٢٠	١٢
٢	١٦/١٢	-٣٥/٣٧	٣	٢٩	١٨	٤/٥٩	٦١/٤٥	١٩	١٣
١	١٦/٨٥	-٤١/٤٩	٢	٣٠	٢٠	٤/٦٣	٦١/١٥	١٨	١٤
١	٢١/٢٥	-٧٨/٤٥	١	٣١	٢	٤/٦٤	٦١/٠٨	١٧	١٥
					٣	٤/٩٦	٥٨/٣٢	١٦	١٦

پس از تعیین تعداد خوشه ها و فاصله هر کدام از مرکزیت خوشه اقدام به تعیین فاصله متوسط و حداکثری هر خوشه نسبت به میانگین کل گردید(جدول٦).

جدول٦. تعیین فاصله متوسط و حداکثری هر خوشه نسبت

به میانگین کل برای مشاهدات مورد مطالعه

خوشه ها	تعداد مشاهدات	درون یابی خوشه ها از مجموع مربعات	متوسط فاصله از مرکز	حداکثر فاصله از مرکز
خوشه اول	٦	٧٨/١٣١	٣/٥٩٣٣٧	٤/٢٤٠٧١
خوشه دوم	١٢	١٨٨/٩٩٨	٣/٨٠٨٢٣	٥/٧٨٩٩٩
خوشه سوم	١٠	١١١/٨٩٩	٣/٢٧٤١٣	٤/٢٧٨١٢
خوشه چهارم	٤	٢٧/٧١	٢/٥٤١٨٥	٣/٧٢١٨

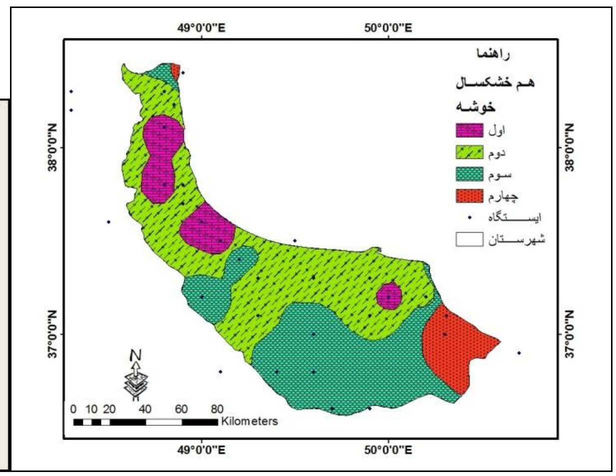
در نهایت اقدام به ترسیم دندوگرام خوشه های استخراج شده و همچنین نقشه هم خشکسال نقاط مختلف برای استان گردید. محدوده های خوشه های واحد بصور زیر است:

خوشه اول: در خوشه اول که بیشتر بصورت لکه هایی در مناطق مرکزی و تا حدودی شمالی مشاهده می گردد ایستگاههای لاهیجان، ماشین خانه، آب ویر، شیرآباد و رضوانشهر قرار می گیرند.

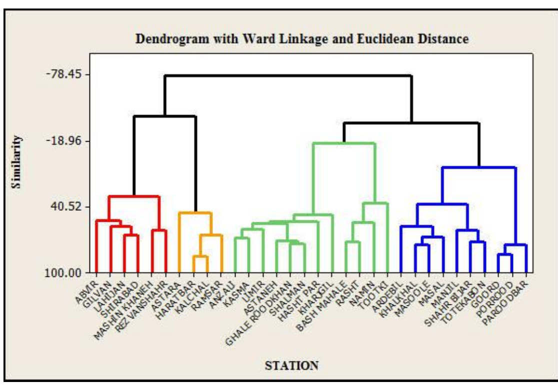
خوشه دوم: این خوشه به لحاظ مکانی گسترده ترین خوشه هم خشکسال در استان گیلان می باشد که در قسمتهای غربی، مرکزی و شمالی استان گسترده شده است. در خوشه دوم ایستگاههای توتکی، شلمان، آستانه، رشت، کسما، قلعه رودخان، خرجگیل، هشتپر، لیمیر و باش محله جای می گیرند.

خوشه سوم: این خوشه در قسمت جنوب و جنوب غرب استان قرار گرفته و از لحاظ وسعت مکانی در میان خوشه ها رتبه دوم را دارد. ایستگاههای ماسال، ماسوله، شهر بیجار، منجیل، توتکابن، پارودبار و گورد در محدوده خوشه سوم قرار دارد.

خوشه چهارم: این خوشه بصورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان در محدوده ایستگاههای کلچال و هراتبر قرارگرفته است..



شکل۱۵. پهنه بندی مناطق هم خشکسالی استان گیلان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش(RIA)



شکل۱٦. دندوگرام مناطق هم خشکسالی استان گیلان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش(RIA)

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر پایش و پهنه بندی خشکسالیهای فراگیر استان گیلان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش(RAI) برای ۳۲ ایستگاه بارانسنجی استان گیلان در بازه زمانی(۱۳۸۹-۱۳٦۰) انجام گرفت. در گام اول پژوهش اقدام به تحلیل شرایط بارشی ایستگاههای مورد مطالعه گردید. تحلیل بارشها نشان داد که بیشینه بارش

ها در مناطق ساحلی استان در حوالی انزلی، قلعه رودخان، آستارا و باش محله مشاهده می گردد. کمینه بارش ها نیز در قسمتهای جنوبی استان در حوالی منجیل، پارودبار و گوورد مشاهده می گردد. در گام بعد اقدام به تعیین روند سری بارش ها بر اساس روشهای ناپارامتریک گردید. نتایج تحلیل روند نشان داد که هیچگونه روندی در سری بارشها وجود ندارد. پس از تحلیل روند در گام بعد اقدام به استخراج ضرایب خشکسالی برای ایستگاهها بر اساس شاخص ناهنجاری بارش گردید. پس از تعیین ضرایب اقدام به تعیین و پهنه بندی درصد فروانی وقوع شدت های مختلف خشکسالی برای دوره ۱۳۸۹–۱۳٦۰ گردید. نتایج تحلیل فراوانی نشان داد که بیشترین درصد فراوانی خشکسالیهای ضعیف با ۲۰تا ۲٦ درصد فراوانی وقوع در مناطق مرکزی و گوشه شمالغربی استان، در مورد خشکسالیهای متوسط بیشترین فراوانی وقوع در حوالی ایستگاه هشت پر با ۲۰ تا ۲۷ درصد فراوانی وقوع، در خشکسالیهای شدید بیشترین درصد فراوانی وقوع در قسمتهایی از مناطق حاشیه ای استان در شرق و جنوب و شمالغرب و در خشکسالیهای خیلی شدید بیشترین درصد فراوانی وقوع در گوشه جنوبی استان مشاهده گردید. پس از تحلیل فراوانی وقوع شدت های مختلف خشکسالیهای استان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش، اقدام به گزینش ۸ و پهنه بندی مورد از خشکسالیهای فراگیر استان طی دوره مورد مطالعه(۱۳۸۹–۱۳٦۰) به شرط اینکه حدود ۹۰ درصد ایستگاهها دارای خشکسالی بوده اند گردید. پس از تحلیل خشکسالیهای فراگیر در دوره مورد مطالعه(۱۳۸۹–۱۳٦۰) اقدام به تحلیل خوشه ای ضرایب خشکسالی جهت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی در گستره استان گیلان گردید. با آزمودن روشهای مختلف برای تعیین تعداد خوشه ها بهترین روش وارد انتخاب گردید. برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روشهای رایج روش فاصله اقلیدسی انتخاب گردید. نهایتا تعداد ٤ خوشه با درصد تشابه قابل قبول در مورد مناطق هم خشکسال در استان گیلان شناسایی گردید. خوشه اول که بیشتر بصورت لکه هایی در مناطق مرکزی و تا حدودی شمالی، خوشه دوم گسترده ترین خوشه هم خشکسال در استان گیلان می باشد که در قسمتهای غربی، مرکزی و شمالی استان، خوشه سوم در قسمت جنوب و جنوب غرب استان و خوشه چهارم بصورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان قرار گرفته است. با توجه به نتایج تحلیل ها به لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی به ترتیب می توان خوشه های دوم، اول، چهارم و سوم را در اولویت خطر وقوع خشکسالی قرار دارند.

منابع

۱- بداق جمالی جواد و جوانمرد سهیلا و شیرمحمدی رضا، ۱۳۸۱، پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش،فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره٦۷، ص ۲٤-٤.

۲- پورهمت جهانگیر،۱۳۷۹،بررسی خشکسالی وترسالیهای حوضه کارون، اولیـــن کنفرانس ملی بررســی راهکارهای مقابله با کم آبی، کرمان، اسفند۱۳۷۹.

۳- تاجداری، خسرو، ۱۳۹۰، گزارش وضعیت خشکسالی یا ترسالی استان گیلان در سال آبی۸۹-۱۳۸۸، وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان.

٤- جهانبخش، سعید، تدین، معصومه و یزدانی، محمد، ۱۳۸۷، تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی خشکسالی و تعیین دوره های خشک و مرطوب حوضه دریاچه نمک، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره۱، صص٥٤-۳۷.

٥- حسنی ها حمید،۱۳۷۹، بررسی وضعیت خشکسالی های استان زنجان، اولیـــن کنفرانس ملی بررســی راهکارهای مقابله با کم آبی، کرمان، اسفند۱۳۷۹.

٦- خسروی، محمود و اکبری محمد، ۱۳۸۸، تحلیل خشکسالیهای استان خراسان جنوبی از دیدگاه اقلیم شناسی، جغرافیا و توسعه ، شماره۷، ٦۸-٥۱.

۷- رضیئی طیب، دانش کار آراسته پیمان، اختری روح انگیز و ثقفیان بهرام، ۱۳۸٦، بررسی خشکسالیهای هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف، تحقیقات منابع آب، سال سوم، شماره۱.ص۸۱.

۸- زاهدی قره آقاج، مجید و قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۸٦، تعیین آستانه خشکسالی و محاسبه میزان بارش قابل اعتماد ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره٥۹، ۳٤-۲۱.

۹- سلطانی سعید و سعادتی سیده سارا،۱۳۸٦، پهنه بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش(SPI)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال اول، شماره ۲.

۱۰- علیجانی، ب، ۱۳۸۱، اقلیم شناسی سینوپتیک، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.

۱۱- علیجانی، بهلول و بنی واهب، علیرضا، ۱۳۸٤، بررسی خشکسالی و ترسالی و پیش بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل های آماری، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره٥۲، صص٤٥-۳۳.

۱۲- علیجانی بهلول،۱۳۷۹، آب و هوی ایران،انتشارات پیام نور،چاپ چهارم.

۱۳- غیور، ح ع و منتظری ، م ،۱۳۸۳، پهنه بندی رژیم های دمایی ایران با مؤلفه های مبنا و تحلیل خوشه ای، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ٤، زاهدان.

۱٤- فرج زاده، منوچهر، ۱۳۸٤، خشکسالی از مفهمو تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

۱٥- فشارکی،پریدوخت (۱۳۸٤) فرهنگ جغرافیا، انتشارات امیر کبیر.

۱٦- مسعوديان،س ا،۱۳۸۲، نواحی اقلیمی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲، صص ۱۸٤ ـ ۱۷۱.
۱۷- مسعوديان ابوالفضل، ۱۳۸۳، بررسی روند دمای ایران در نیم سده اخیر، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان ۸۷.
۱۸- مسعوديان،س ا،۱۳۸۵،اقلیم شناسی همدید،انتشارات دانشگاه اصفهان.
۱۹- مقدسی، مهنوش، مرید سعید، رایون، قائمی، هوشنگ و محمد ولی سلمان، جمال، ۱۳۸۳، پایش خشکسالی با استفاده از شاخصDI-SPI-EDI در استان تهران، تحقیقات کشاورزی.

20- Bhattacharyya Gouri K., Richard A. Johnson (1977), Statistical concepts and methods, John Wiley and Sons.
21- Bazuhair, A. S.and Algohani, A. (1997): “Determination of Monthly Wet and Dry Periodsin Saudi Arabia”3, International Journal of Climatoligy, Vol.17, Pp. 303-311.
22- Dupigny-Giroux, L., 2001, Towards Characterizing and Planning for Drought in Vermont - Part I: A Climatologically Perspective,J. of the Am. Water Res. Assoc., 37, 505-525.
23- Estrela, M.J., Pennarrocha, D. and Milan, M. (2000): “Multi-Annual Drought Episodes in The Mediterranean (Valencia Region) From (1950-1996)”, International Journal of Climatology, Vol.20, Pp. 1599-1618.
24- Hayes, M.J., M.D. Svoboda, D.A. Wilhite and Vanyarkho. O.V. (1999), "Monitoring the 1996 drought using the Standardized precipitation Index",Bulletin of the American Meteorological Society,80(3): pp. 429- 437.
25- Hong, W U., Hayesi, J.M., Weiss, A. and Qihu. (2001): “An Evaluation of The Standardized Precipitation Index, The China-Z Index and The Statitical Z-Score”, International Journal of Climatology, Vol.21, Pp. 745-758.
26- Pashiardis, S. Michaelides, S. (2008): “Implementation of The Standardized Precipitation Index (SPI) and The Reconnaissance Drought Index (RDI) for Regional Drought Assessment: A Case Study for Cyprus” ,European Water, Vol.23/24, Pp. 57-65.
27- Lloyd-Hughes, B. and Saunders. M.A. (2002), "A drought climatology for Europe", InternationalJournal of Climatology 22: pp. 1571–1592.
28- Vinnikov Konstantin Y. (2002) Trends in moments of climatic indices, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 29, NO. 2:141-144.